

VEGÉTATION ET PHYSICO-CHIMIE DES EAUX
DES RIVIÈRES NATURELLES DU NORD
DU MASSIF ARDENNAIS (BELGIQUE) :
TYPOLOGIE DES PEUPELEMENTS DE DIATOMÉES

Louis LECLERCQ*

RÉSUMÉ. — La typologie que nous proposons, basée sur 430 prélèvements dans 72 stations pendant 3 ans, précise et complète la classification de SYMOENS (1957). Elle est étroitement corrélée à la nature géologique des régions drainées et, incidemment, à la physico-chimie des eaux. Nous décrivons deux assemblages de diatomées : un assemblage à *Eunotia exigua* (Bréb. ex Kütz.) Rabenh., avec 5 variantes trophiques et un faciès saisonnier, dans les eaux acides dystrophes, et un assemblage à *Fragilaria capucina* Desm. var. *lancoolata* Grun. et *Eunotia pectinalis* (O.F. Müll.) Rabenh. var. *minor* (Kütz.) Rabenh., avec 3 variantes trophiques et un faciès altéré, dans les eaux légèrement acides à neutres, oligotrophes à mésotrophes. Les variations saisonnières induisent des modifications parfois très importantes dans la structure des peuplements, certaines stations appartenant à une variante acidophile en hiver puis neutrophile en été. Ces modifications, fondamentales et pourtant mal connues jusqu'à présent, montrent que, pour être suffisamment complète et fiable, une typologie doit être basée sur des prélèvements mensuels ou éventuellement trimestriels, pendant une année au moins et davantage en cas de conditions d'hydraulicité particulières.

En complément à cet article, nous publierons en 1987 un ensemble de 10 préparations microscopiques (numéros de référence dans le texte, au chapitre «Typologie») illustrant chaque variante et faciès, sous le titre général suivant : Diatomées de haute Ardenne (Belgique).

SUMMARY. — Our typology, based on 430 samples in 72 stations during 3 years, precise and complete SYMOENS's classification (1957). It is strongly correlated with geological substrate and, incidentally, with physico-chemistry. We describe two diatoms assemblages : the first one with *Eunotia exigua* (Bréb. ex Kütz.) Rabenh., including 5 trophic variants and one seasonal facies, in acid dystrophic waters, the second one with *Fragilaria capucina* Desm. var. *lancoolata* Grun. and *Eunotia pectinalis* (O.F. Müll.) Rabenh. var. *minor* (Kütz.) Rabenh., including 3 trophic variants and one lightly polluted facies, in oligotrophic to mesotrophic, slightly acid or neutral waters. The seasonal variations induce structural changes, in the populations, which are sometimes very important : for example, some stations belong to an acidophil variant of the first assemblage in winter and shift to a neutrophil variant of the second assemblage in summer. Up to now, these fundamental modifications are however unrecognised : they show that it is necessary to dispose of monthly or quarterly samples, during a year at least and more in particular hydraulic conditions to obtain a complete and reliable typology.

* Centre de recherche et d'éducation pour la conservation de la nature (Centre Marie-Victorin), 21, rue des Écoles, B-6383 Vierves-sur-Viroin - Belgique.

As an addition to this paper, we shall publish in 1987 ten microscope slides, one for each variant and facies (for the numbers of the published samples, see chapter «Typologie»), with this general title : «Diatomées de haute Ardenne (Belgique)».

MOTS CLÉS : diatomées, chimie des eaux, hydrobiologie, typologie, rivières naturelles, Ardenne, Belgique.

Le but du présent travail était d'établir une typologie détaillée et d'étudier ensuite la dynamique des peuplements de diatomées de rivières encore intactes, de petite et moyenne importance (0.5 à 4 m de largeur), dans les bassins de l'Ambève, de l'Our, de la Roer et de la Vesdre (figure 1), en relation avec la physico-chimie des eaux et la géologie des régions drainées. A cet effet, 430 prélèvements d'eau et d'algues ont été réalisés dans 72 stations pendant trois années successives.

On trouvera dans FABRI & LECLERCQ (1984) le détail des méthodes et des résultats et la bibliographie complète de cette étude. Nous nous limiterons

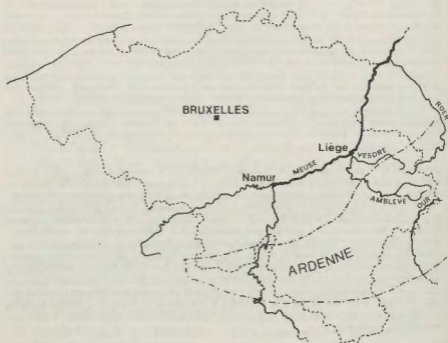


Figure 1 — Carte du territoire belge, avec localisation du massif Ardennais et des 4 bassins prospectés dans leur partie supérieure (Ambève, Our, Roer et Vesdre).

ici à résumer, sous forme d'un tableau physico-chimique et de figures synthétiques, les typologies chimique et algologique que nous avons élaborées et l'effet des variations saisonnières sur les peuplements de diatomées.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Le prélèvement d'eau est analysé dans les plus brefs délais pour les paramètres suivants : température, pH, oxygène, conductivité, alcalinité, oxydabilité, chlorures, nitrates, sulfates, calcium, magnésium, potassium, sodium, fer, aluminium, silice, orthophosphates, ammoniacque, nitrites. La méthode statistique des contrastes (Analysis of variance, equal size mixed models : Department of Biomathematics, Univ. California, Los Angeles) a permis de répartir objectivement en classes les teneurs moyennes annuelles de ces paramètres.

A chaque prélèvement d'eau correspond un prélèvement de diatomées réalisé par brossage des faces supérieures de pierres immergées, sur environ 20 cm², nettoyé ensuite à l'acide nitrique à chaud et monté dans une résine d'indice de réfraction élevé (Naphrax). Dans chaque échantillon, 500 valves sont comptées et les résultats sont exprimés en pourcentage d'abondance relative. Les résultats bruts des comptages ont été traités par le Cluster Analysis (méthode de WARD, fusion hiérarchique, distances euclidiennes : Clustan, WISHART, 1978) et par l'analyse en composantes principales (MLAB, KNOTT, 1979).

PHYSICO-CHIMIE DES EAUX

Typologie (tableau I)

D'une manière générale, les eaux naturelles de la région étudiée sont acides à neutres, peu minéralisées, dystrophes à oligo-mésotrophes

Le tableau I permet de déterminer le type d'eau à partir des valeurs moyennes annuelles (3 analyses par an au moins) réparties en classes par la méthode statistique des contrastes. Dans le cas de mesures ponctuelles, on pourra utiliser les valeurs extrêmes, la détermination du type étant cependant plus difficile en raison des recouvrements de ces valeurs d'une classe à l'autre. La méthode statistique utilisée fait apparaître la prépondérance de 7 paramètres bien corrélés aux différents types de peuplements de diatomées décrits plus loin sur base d'autres traitements. Ce sont, par ordre d'importance décroissante, le pH, l'alcalinité, les sulfates, le calcium, le magnésium, le fer et l'aluminium. Dans notre étude, les autres paramètres mesurés ne sont pas discriminants. C'est évidemment le cas pour les phosphates, l'ammoniacque et les nitrites, éléments qui induisent des modifications profondes dans les peuplements mais dont les teneurs sont ici toujours nulles ou très faibles puisque seules les stations non polluées ont été retenues au départ.

Le pH détermine 4 types de base : acide avec un pH moyen annuel de 3.6 à 4.5, intermédiaire avec un pH de 4.6 à 5.5, intermédiaire légèrement acide

N° DE GROUPE	PH 4 classes	ALCALINITÉ 6 classes	SULFATES 3 classes	CALCIUM 3 classes	MAGNÉSIUM 1 classe	FER 2 classes	ALUMINIUM 3 classes	
1	5,6- 4,1 (-) 3,3- 4,2(4,3)	0,0- 0,0 (-) 0,0- 0,0(-)	2 11,0-15,0 (-) 6,5-15,7(25,3)	1 1,4- 1,7 (-) 0,7- 2,7(5,5)	0,5- 1,3 (-) 0,0- 1,5(2,3)			acidobiontes
2	5,7- 4,4 (-) 3,3- 4,6(5,6)	0,0- 0,3 (-) 0,0- 0,6(2,0)	3 18,2-27,7 (10,3)14,7-23,2(49,0)	1 3,0- 5,8 (-) 2,1- 4,2(10,8)	1 0,9- 1,6 (-) 0,1- 2,5(2,9)	1 0,0- 2,8 (-) 0,0- 2,0(7,2)	2 0,4- 1,1 (-) 0,1- 1,6(-)	
3	4,0- 4,4 (-) 3,6- 4,9(5,8)	0,0- 0,3 (-) 0,0- 0,5(2,0)	2 14,4-17,5 (-) 11,0-19,5(31,8)	2 3,2- 6,3 (-) 2,6- 6,7(9,5)	0,8- 1,7 (-) 0,2- 2,4(3,3)			
4	4,6- 5,4 (-) 3,4- 6,4(-)	0,7- 2,7 (-) 0,0- 3,0(8,0)	2 9,6-18,0 (-) 4,1-22,3(27,3)	1 2,3- 4,8 (-) 1,3- 7,4(-)	1 0,7- 1,3 (-) 0,2- 2,2(4,0)	1 0,0- 2,8 (-) 0,0- 2,0(7,2)	1 0,0- 1,1 (-) 0,0- 1,6(-)	acidophiles
5	4,9- 5,2 (-) 4,2- 5,7(-)	0,7- 2,0 (-) 0,0- 3,0(4,0)	3 18,6-21,8 (-) 14,1-20,0(38,1)	2 5,9- 6,1 (-) 2,3- 7,0(10,0)	2 1,9- 2,8 (-) 1,0- 3,1(4,7)	1 0,0- 0,5 (-) 0,0- 0,2(-)	2 0,4- 1,1 (-) 0,1- 1,6(-)	
6	5,6- 6,5 (4,0) 4,6- 7,0(7,3)	2,8- 5,7 (0,0) 0,6-10,0(13,0)	1 3,8-14,2 (-) 1,1-19,4(24,8)	2 2,5- 4,7 (-) 1,3- 5,9(8,2)	1 1,0- 1,8 (-) 0,0- 2,4(2,9)	1 0,0- 0,5 (-) 0,0- 0,2(-)	1 0,0- 0,3 (-) 0,0- 1,0(-)	
7	5,7- 6,5 (-) 4,6- 6,9(7,4)	2,9- 5,0 (-) 0,0-10,0(-)	3 20,7-22,2 (-) 16,7-25,6(-)	3 7,9- 8,4 (-) 6,0- 9,7(10,0)	2 2,2- 2,4 (-) 1,4- 3,3(3,5)			
8	6,7- 7,1 (5,4) 6,2- 7,0(7,4)	5,0- 5,7 (1,5) 2,0- 8,0(10,0)	1 2,2- 6,1 (-) 1,7- 5,4(10,5)	1 1,8- 2,1 (-) 1,1- 2,7(4,9)	1 1,1- 1,6 (-) 0,6- 1,7(2,2)			neutrophiles
9	6,7- 7,1 (5,4) 5,2- 7,6(-)	6,0- 8,7 (-) 1,0-16,0(-)	1 7,3- 9,3 (-) 0,5-14,3(18,9)	1 2,4- 4,9 (-) 1,2- 5,8(6,8)	1 1,2- 1,9 (-) 0,6- 2,2(2,8)	1 0,0- 0,5 (-) 0,0- 0,2(-)	1 0,0- 0,3 (-) 0,0- 1,0(-)	
10	6,9- 7,3 (5,5) 6,0- 7,6(-)	9,2-15,3 (1,5) 2,0-24,0(-)	1 3,5- 9,3 (-) 0,1-10,3(12,4)	2 2,2- 7,3 (-) 1,9- 7,1(9,7)	2 2,1- 3,7 (-) 1,4- 4,2(4,4)			
11	6,9- 7,3 (-) 3,6- 7,4(-)	21,0-23,3 (-) 3,5-12,0(37,0)	1 4,3- 7,6 (-) 3,1- 8,1(9,2)	3 4,6- 5,8 (-) 3,2- 6,4(7,8)	3 3,4- 4,4 (-) 2,2- 4,4(5,9)			

Tableau I. — Détermination du type chimique à partir des valeurs moyennes annuelles réparties en classes et des valeurs extrêmes des 7 principaux paramètres chimiques. Entre parenthèses : valeurs extrêmes en période de crues très fortes (à gauche) et d'étiage (à droite). Dans les cartouches verticaux : numéros de(s) classe(s). Dernière colonne : types de taxons prédominants.

avec un pH de 5.6 à 6.5, neutre avec un pH de 6.6 à 7.3. Ces types se subdivisent à partir d'autres paramètres (alcalinité, sulfates, calcium, magnésium) en 11 types chimiques étroitement corrélés à la situation géologique des rivières en amont des stations de prélèvement, que la rivière coule sur une seule assise ou, successivement, sur plusieurs. On trouve les types très acides 1 et 2 sur les roches du Revinien 2, les types acides 3 à 5 pour la succession Revinien 2-3 et Salmien, les types légèrement acides 6 et 7 pour la même succession, mais avec un parcours plus bref sur le Revinien 2, les types neutres oligotrophes 8 et 9 sur le Gedinnien et le Siegenien, les types neutres mésotrophes 10 et 11 surtout sur l'Emsien.

L'augmentation progressive du pH et du niveau trophique suit en fait l'échelle stratigraphique, des roches les plus anciennes du Cambrien (Revinien et Salmien) aux plus récentes du Dévonien inférieur (Gedinnien, Siegenien, Emsien). Comme les rivières de la région considérée prennent généralement leur source sur les roches les plus anciennes et coulent vers les plus récentes, la situation est particulièrement adéquate pour une étude typologique et dynamique des peuplements algaux.

Variations saisonnières

Elles n'existent pratiquement pas dans les eaux les plus acides, sont importantes dans les eaux neutres et très marquées dans les types intermédiaires pour lesquels il n'est pas rare de passer, dans une même station, d'une eau acide en hiver à une eau proche de la neutralité pendant l'étiage estival.

On assiste chaque année, à une augmentation progressive du pH, de l'alcalinité et du fer et à une diminution des sulfates, de l'aluminium et des nitrates de l'hiver à l'automne. Ce sont donc les proportions ioniques qui se modifient alors que la minéralisation globale reste plus ou moins constante sauf quand les débits sont très faibles pendant une longue période : elle peut alors doubler par rapport à la valeur normale (LECLERCQ, 1984a).

PEUPELEMENTS DE DIATOMÉES

Typologie (figures 2 et 3)

357 taxons de diatomées, principalement oligotrophes à mésotrophes, composent la flore des rivières étudiées. La structure des peuplements est, le plus souvent, caractérisée par la nette dominance d'un ou de quelques taxons, accom-

Figure 2 (page suivante). — Illustration quantifiée des taxons caractérisant les variantes trophiques et le faciès estival de l'assemblage à *Eunotia exigua*. Chaque valve représentée correspond à 5% d'abondance relative moyenne annuelle. Pour l'identification des taxons, voir fig. 3.

Assemblage à *Eunotia exigua*.

VARIANTE 1

ACIDOBIONTES	ACIDOBIONTES & ACIDOPHILES	FACILEMENT ACIDOPHILES
NEUTROPHILES OLIGOTROPHES	NEUTROPHILES MESOTROPHES	NEUTRO & TENDANCE ALCAL. ET/OU SAPROPHILES
		AUTRES TAXONS: 1 %

FACIES ESTIVAL

ACIDOBIONTES	ACIDOBIONTES & ACIDOPHILES	FACILEMENT ACIDOPHILES
NEUTROPHILES OLIGOTROPHES	NEUTROPHILES MESOTROPHES	NEUTRO & TENDANCE ALCAL. ET/OU SAPROPHILES
		AUTRES TAXONS: 3 %

VARIANTE 2

ACIDOBIONTES	ACIDOBIONTES & ACIDOPHILES	FACILEMENT ACIDOPHILES
NEUTROPHILES OLIGOTROPHES	NEUTROPHILES MESOTROPHES	NEUTRO & TENDANCE ALCAL. ET/OU SAPROPHILES
		AUTRES TAXONS: 2 %

VARIANTE 3

ACIDOBIONTES	ACIDOBIONTES & ACIDOPHILES	FACILEMENT ACIDOPHILES
NEUTROPHILES OLIGOTROPHES	NEUTROPHILES MESOTROPHES	NEUTRO & TENDANCE ALCAL. ET/OU SAPROPHILES
		AUTRES TAXONS: 3 %

VARIANTE 4

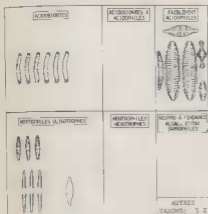
ACIDOBIONTES	ACIDOBIONTES & ACIDOPHILES	FACILEMENT ACIDOPHILES
NEUTROPHILES OLIGOTROPHES	NEUTROPHILES MESOTROPHES	NEUTRO & TENDANCE ALCAL. ET/OU SAPROPHILES
		AUTRES TAXONS: 7 %

VARIANTE 5

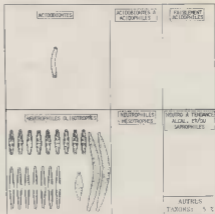
ACIDOBIONTES	ACIDOBIONTES & ACIDOPHILES	FACILEMENT ACIDOPHILES
NEUTROPHILES OLIGOTROPHES	NEUTROPHILES MESOTROPHES	NEUTRO & TENDANCE ALCAL. ET/OU SAPROPHILES
		AUTRES TAXONS: 9 %

Assemblage à *Fragilaria capucina* var. *lancoolata* et *Eunotia pectinalis* var. *minor*.

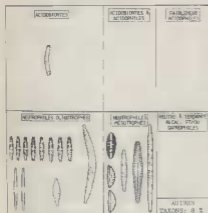
VARIANTE 6



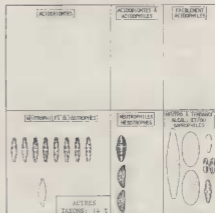
VARIANTE 7



VARIANTE 8



FACIÈS D'ALTÉRATION



pagnés de nombreuses espèces peu représentées (jusqu'à plus de 120 dans certaines stations). La richesse floristique peut donc être très élevée alors que la diversité reste faible généralement.

Les moyennes annuelles des abondances relatives des 87 taxons les mieux représentés ont été ordonnées dans un tableau phytosociologique à l'aide de deux analyses multivariées (cluster analysis et analyse en composantes principales : DEPIEREUX & FEYTMANS, 1985) présentées dans LECLERCQ & DEPIEREUX (1987). On y distingue deux assemblages de diatomées, subdivisés en 10 variantes et faciès. Bien qu'il s'agisse d'abondances relatives moyennes annuelles, dont on s'éloigne plus ou moins au fil des saisons, nous avons cependant montré (LECLERCQ, 1984b) que, pour chaque station, le peuplement réel correspondait, à certains moments de l'année, à la composition de la variante à laquelle cette station était rattachée.

Les peuplements moyens retenus ne sont donc pas des assortiments théoriques de taxons obtenus par calcul; ils forment notre typologie en 10 variantes et faciès que nous avons illustrés, de façon très condensée, à partir des 27 taxons les plus abondants et les plus significatifs, aux figures 2 et 3 pour lesquelles chaque valve représentée correspond à 5 % d'abondance relative. Pour la clarté du texte, le patronyme n'accompagne que la première mention de chaque taxon. Le numéro suivant la description des variantes et faciès est celui de la préparation publiée.

Assemblage à *Eunotia exigua* (Bréb. ex Kütz.) Rabenh. (fig. 2)

Trouvé dans les eaux dystrophes et oligotrophes, acides, avec une alcalinité nulle ou très faible en été, cet assemblage est caractérisé par la dominance des taxons acidobiontes et acidophiles. Il comprend 5 variantes trophiques et un faciès saisonnier :

— **variante 1** : dominance absolue d'*Eunotia exigua*; type chimique 1, eau très acide avec une alcalinité toujours nulle, sur les roches du Revinien 2 (préparation n° 2527709);

— faciès estival de la variante 1 (plus rarement 5) : dominance d'*Eunotia exigua*, mais développement parfois important du taxon neutrophile *Achnanthes minutissima* Kütz. (taxon différentiel) pendant les étages estivaux prononcés; type chimique 2, alcalinité généralement nulle à très faible; sur Revinien 2, avec des contacts éventuels avec le Revinien 3, le Salmien et des roches granitiques intrusives (tonalite) (préparation n° 2537709);

— **variante 2** : codominance d'*Eunotia exigua* et *E. rhomboidea* Hust. (taxon différentiel); types chimiques 2 et 3, alcalinité généralement nulle mais des teneurs plus élevées en sulfates et calcium; sur le Revinien 2, dans la partie nord du massif (préparation n° 1397610);

— **variante 3** : dominance d'*Eunotia exigua*, accompagné d'*E. curvata* (Kütz.) Langerst., *E. rhomboidea* et *Anomoeoneis seriens* (Bréb. ex Kütz.) P. Cleve var. *brachysira* (Bréb. ex Kütz.) Hust. qui est le principal taxon différentiel; richesse floristique plus élevée; type chimique 4; eaux coulant successivement sur le Revi-

nien 2, 3 et le Salmien (préparation n° 397810);

— **variante 4** : *Eunotia exigua* dominant, *Achnanthes austriaca* Hust. var. *helvetica* Hust. (taxon différentiel) codominant à dominant, *Eunotia rhomboidea*, *Pinnularia hilseana* Janisch; dans les stations les plus minéralisées des types chimiques 3 et 4; dans des eaux coulant successivement sur le Revinien 2, 3 et le Salmien, parfois à proximité de massifs de silex plus ou moins décarbonatés (préparation n° 1437606);

— **variante 5** : *Eunotia exigua* dominant en hiver, codominant avec *Achnanthes minutissima* au printemps et à la fin de l'automne, ce dernier taxon dominant en été autres taxons bien représentés : *Surirella roba* Leclercq, *Fragilaria capucina* Desm. var. *lanceolata* Grun., *Gomphonema parvulum* Kütz., *Nitzschia archibaldii* Lange-Bert.; eaux les plus minéralisées des types chimiques 6 et 7, avec une alcalinité toujours faible mais systématique en été; sources sur Revinien 2 mais trajets plus longs sur le Revinien 3 et le Salmien et, parfois, contacts avec les massifs de silex; la présence constante de *Nitzschia archibaldii* en faible quantité dans certaines stations de cette variante semble indiquer une légère altération liée à la traversée de pâtures (préparation n° 1307706).

Assemblage à *Fragilaria capucina* Desm. var. *lanceolata* Grun. et *Eunotia pectinalis* (O.F. Müll.) Rabenh. var. *minor* (Kütz.) Rabenh. (fig. 3)

Caractéristique des eaux oligotrophes à mésotrophes, légèrement acides à neutres, avec une alcalinité pendant toute l'année, cet assemblage est dominé par des taxons neutrophiles, encore associés à l'acidobionte *Eunotia exigua* dans la variante 6. Il comprend 3 variantes trophiques et un faciès d'altération. La présence d'*Eunotia pectinalis* var. *minor*, taxon à tendance acidophile numériquement peu représenté (souvent moins de 5 %) est très constante dans ces trois variantes et est généralement liée à l'abondance de *Fragilaria capucina* var. *lanceolata*. Ce n'est pas le cas du taxon neutrophile codominant, *Achnanthes minutissima*, qui, par son abondance aussi en milieu calcaire, a une amplitude écologique très large et ne peut donc être retenu pour caractériser cet assemblage.

— **variante 6** : proche de la variante 5 mais richesse floristique plus élevée et abondance relative plus faible d'*Eunotia exigua* remplacé par des taxons acidophiles différentiels (*Tabellaria flocculosa* (Roth) Kütz., *Achnanthes saxonica* Krasske, *Eunotia pectinalis* var. *minor*, *Surirella roba* parfois abondant) et des taxons neutrophiles (*Fragilaria capucina* var. *lanceolata*, *Achnanthes minutissima*) qui peuvent devenir dominants en été, dans les eaux les moins minéralisées du type chimique 6; sur les roches du Salmien et du Siegenien 1 (préparation n° 1217806);

— **variante 7** : dominance absolue des neutrophiles, *Fragilaria capucina* var. *lanceolata* et *Achnanthes minutissima* codominants, *Hannaea arcus* (Ehr.) Patr. (taxon différentiel) abondant, *Gomphonema parvulum*; richesse floristique élevée; types chimiques 8 et 9, eaux neutres les plus oligotrophes dans la région étudiée; sur les roches du Siegenien 2 et 3 et, parfois, celles de l'Emsien (préparation n° 477809);

SYMOENS, 1957	LECLERCQ, 1976	LECLERCQ, 1984 b
Association ■ <i>Eunotia exigua</i> et <i>Pinnularia subcapitata</i> (eau de type fagnard)	<p>GROUPE 1 fagnard</p> <ul style="list-style-type: none"> sous-groupe à <i>E. exigua</i> sous-groupe à <i>E. rhomboidea</i> sous-groupe à <i>E. curvata</i> <p>GROUPE 2 intermédiaire</p> <ul style="list-style-type: none"> sous-groupe à <i>A. austriaca</i> var. <i>helvetica</i> sous-groupe à <i>Surirella roba</i> 	<p>Assemblage à <i>Eunotia exigua</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - variante 1 à <i>E. exigua</i> (+ faciès estival à <i>Achnanthes minutissima</i>) - variante 2 à <i>E. rhomboidea</i> - variante 3 à <i>E. curvata</i>, <i>Anomoeoneis seriatus</i> var. <i>brachysetra</i>,... - variante 4 à <i>Achnanthes austriaca</i> var. <i>helvetica</i>,... - variante 5 à <i>Achnanthes minutissima</i>, <i>Surirella roba</i>,...
Association à <i>Diatoma hiemale</i> et <i>Meridion circulare</i> (Kurz 1922) Denis 1924. (eau de type ardennais).	<p>GROUPE 3 ardennais</p> <ul style="list-style-type: none"> sous-groupe à <i>Tabellaria flocculosa</i>, <i>Eunotia pectinalis</i> var. <i>minor</i>, <i>Fragilaria capucina</i>, <i>F. virescens</i>, <i>Achnanthes minutissima</i>,... sous-groupe à <i>Diatoma mesodon</i>, <i>Navicula rhynchocephala</i>, <i>Nitzschia recta</i>,... 	<p>Assemblage ■ <i>Fragilaria capucina</i> var. <i>lancoolata</i> et <i>Eunotia pectinalis</i> var. <i>minor</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - variante ■ <i>Tabellaria flocculosa</i>, <i>Achnanthes saxonica</i>, <i>Surirella roba</i>, <i>Fragilaria virescens</i>,... - variante 7 à <i>Achnanthes minutissima</i>, <i>Ranasa arcus</i>,... - variante 8 ■ <i>Achnanthes minutissima</i>, <i>Diatoma mesodon</i>, <i>Gomphonema clevei</i>, <i>Cymbella minuta</i>, <i>Fragilaria vaucheriae</i>,... - faciès d'altération à <i>Achnanthes minutissima</i>, <i>A. lanceolata</i>, <i>Navicula lanceolata</i>, <i>N. minima</i>, <i>Cocconeis plaocentula</i> var. <i>euglypta</i>, <i>Cymbella sinuata</i>,...

Tableau II. — Comparaison du système de classification phytosociologique de SYMOENS (1957) avec nos groupes définis en 1976 et nos assemblages décrits en 1984.

— variante ■ : dominance d'*Achnanthes minutissima* accompagné de taxons neutrophiles oligotrophes et surtout mésotrophes : *Diatoma mesodon* (Ehr.) Kütz., *Gomphonema clevei* Fricke, *Synedra ulna* (Nitz.) Ehr. (taxons différentiels), *Cymbella minuta* Hilse ex Rabenh., *Fragilaria vaucheriae* (Kütz.) Pet.; type chimique 10 principalement, eaux deux fois plus minéralisées que celles des types 8 et 9; surtout sur les roches du Gedinien et de l'Emsien (préparation n° 917808);

— faciès d'altération des variantes 7 et 8 : dominance d'*Achnanthes minutissima*, régression des taxons oligotrophes et mésotrophes au profit de taxons alcaliphiles et/ou saprophiles (*Navicula lanceolata* (Ag.) Ehr., *Cocconeis placentalis* Ehr. var. *euglypta* (Ehr.) P. Cleve, *Cymbella sinuata* Greg., *Achnanthes lanceolata* (Breb.) Grun., *Navicula minima* Grun., ...) indiquant, dans le cas d'eau naturellement oligotrophes à mésotrophes, une altération liée ici à la traversée de pâtures amendées; types chimiques 10 et 11, eaux plus minéralisées, alcalinité plus élevée; sur Siegenien 3 et Emsien 1; ce faciès est proche de l'association à *Diatoma hiemale* et *Meridion circulare* (Kurz 1922) Denis 1924 (préparation n° 1577709).

Position phytosociologique des 2 assemblages.

Le tableau II compare, pour le territoire étudié, la classification de SYMOENS (1957), un premier classement résultant d'une analyse multivariée sur nos données d'une année (LECLERCQ, 1976) et notre classification finale basée sur 3 années de prospection.

Les variantes 2 et 3 de notre assemblage à *Eunotia exigua* peuvent être considérées comme la variante type de l'association à *Eunotia exigua* et *Pinnularia subcapitata* décrite par SYMOENS en 1957 pour laquelle nous décrivons 3 nouvelles variantes trophiques et un faciès saisonnier.

Après une année d'étude (1976), nous avons mis en évidence un groupe intermédiaire entre les types fagnard et ardennais (groupe 2), qui se trouve finalement inclus dans l'assemblage à *E. exigua* (variantes 3 et 5).

L'assemblage à *Fragilaria capucina* var. *lanceolata* et *Eunotia pectinalis* var. *minor*, d'eau oligotrophe à mésotrophe, à tendance légèrement acide ou neutre, est entièrement nouveau; il comprend 3 variantes trophiques qui correspondent à notre premier sous-groupe du groupe 3 (type ardennais pauvre, peu minéralisé, LECLERCQ 1976) et se situe entre l'association à *Eunotia exigua* et *Pinnularia subcapitata* Symoens 1957 et l'association à *Diatoma hiemale* et *Meridion circulare* (Kurz 1922) Denis 1924. Cette dernière, citée dans SYMOENS (1957) pour les eaux de type ardennais au sens large, semble en fait cantonnée, dans le nord du massif ardennais, à des eaux neutres légèrement altérées, d'un niveau trophique supérieur à celui des types naturels (type ardennais pauvre eutrophisé: second sous-groupe du groupe 3 et faciès d'altération). Elle caractérise plutôt des eaux de type ardennais naturellement plus riche, en dehors de la partie nord du massif Ardennais.

VARIATIONS SAISONNIERES DANS LES 8 VARIANTES ET LES 2 FACIES

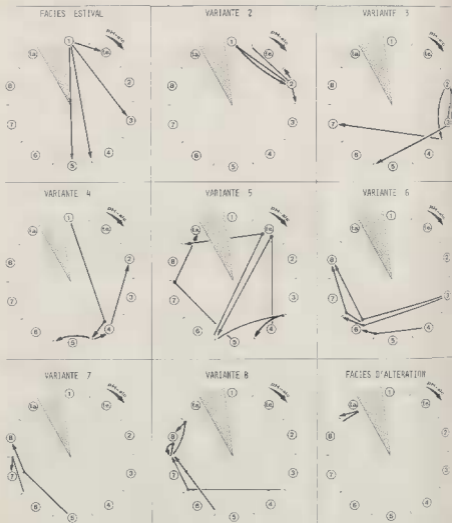


Figure 4. — Représentation graphique des variations saisonnières des peuplements de diatomées réels comparativement aux variantes et faciès moyens des 2 assemblages. Dans chaque cadran (un par variante ou faciès moyen), les 8 variantes et les 2 faciès moyens sont disposés suivant l'augmentation progressive du pH et de l'alcalinité marquée par la flèche courbe en haut à droite des cadrans. Le sens des autres flèches indique l'évolution des peuplements du printemps à l'été puis à l'automne. La variante 1 qui ne présente aucune variation saisonnière n'est pas figurée.

Variations saisonnières (figure 4).

Grâce à la rapidité de réaction des diatomées, les modifications saisonnières des peuplements suivent de près les modifications physico-chimiques, même si elles sont de courte durée. Ainsi, les crues momentanées d'été et l'augmentation hivernale des débits ont le même effet : elles provoquent, surtout dans les variantes intermédiaires, un retour à des conditions plus acides et une augmentation des taxons acidobiontes et acidophiles dans les relevés. Inversement, les faibles débits d'été et les périodes d'étiage favorisent la prolifération de taxons neutrophiles.

Cet équilibre précaire, au niveau du pH et de l'alcalinité, caractérise les eaux oligotrophes très peu tamponnées de la région étudiée et induit des modifications, parfois spectaculaires, dans la structure des peuplements qui, pour une même station, peuvent s'apparenter à une variante acide en hiver et à une variante neutre très différente en été.

La figure 4 illustre ces modifications de façon graphique : sur un axe circulaire ouvert, les 10 variantes et faciès moyens sont disposés selon l'ordre croissant des valeurs moyennes de pH et d'alcalinité qui les caractérisent. On trouve ainsi l'assemblage à *Eunotia exigua* dans la moitié droite du cercle et l'assemblage à *Fragilaria capucina* var. *lanceolata* et *Eunotia pectinalis* var. *minor* dans la moitié gauche.

Les modifications des peuplements réels pour toutes les stations dont les peuplements moyens appartiennent à une des variantes moyennes, sont symbolisées par des flèches dont le sens indique le passage de l'hiver à l'été puis à l'automne. On remarquera que, dans la plupart des cas, le peuplement réel correspond au peuplement moyen à certains moments de l'année. Il peut aussi, dans certains cas, se situer entre deux des variantes décrites. On se reportera aux figure 2 et 3 pour juger de l'importance des modifications physiologiques des peuplements.

Si les variations saisonnières peuvent sembler importantes pour toutes les variantes acides, une rectification s'impose cependant : les passages des variantes acidophiles (1-5) aux variantes neutrophiles (6-8) sont rares dans les variantes 1 à 4 car ils sont limités aux périodes de sécheresse exceptionnelles. On peut même observer des évolutions inverses vers des types plus acides au cours des années très pluvieuses. Par contre, pour la variante 5, moins acide, les peuplements réels passent régulièrement d'un assemblage à l'autre (variante 5 à 8 par exemple).

Pour l'assemblage à *Fragilaria capucina* var. *lanceolata* et *Eunotia pectinalis* var. *minor*, la variante 6 présente les variations les plus importantes (passages des variantes 3 à 6, 4 à 6, 3 à 8, 6 à 8).

Les variantes 5 et 6 sont donc véritablement des « plaques tournantes » qui assurent la transition entre les deux assemblages.

Les modifications sont moins marquées dans les variantes 7 et 8 d'eau neutre. Elles sont très faibles dans le faciès d'altération ce qui témoigne d'un certain effet tampon d'une contamination continue, faible mais suffisante pour masquer l'effet des modifications saisonnières.

CONCLUSIONS

La prospection détaillée des rivières du nord du massif Ardennais nous a permis d'établir une typologie physico-chimique et algologique qui précise et complète la classification de SYMOENS (1957).

L'association à *Eunotia exigua* et *Pinnularia subcapitata* se trouve ainsi incluse dans l'assemblage à *Eunotia exigua* qui compte 5 variantes trophiques et un faciès saisonnier. Nous décrivons ensuite un nouvel assemblage d'eau neutre oligotrophe avec 3 variantes trophiques (assemblage à *Fragilaria capucina* var. *lanceolata* et *Eunotia pectinalis* var. *minor*). Il comble le hiatus important qui existait entre l'association à *Eunotia exigua* et *Pinnularia subcapitata* Symoens 1957 et l'association à *Diatoma hiemale* et *Meridion circulare* (Kurz 1922) Denis 1924 d'eau plus mésotrophe.

Les prélèvements mensuels ont mis en évidence des variations saisonnières très importantes des caractéristiques physico-chimiques des eaux et de la structure des peuplements de diatomées, surtout pour les rivières coulant successivement sur plusieurs assises géologiques. Dans la majorité des cas, on assiste, de l'hiver à l'été puis à l'automne, à une évolution des conditions dystrophes à oligotrophes ou des conditions oligotrophes à des conditions mésotrophes.

Ces variations, peu étudiées jusqu'à présent ou souvent minimisées dans la littérature sur les eaux courantes, remettent en cause la validité de typologies qui seraient basées sur un seul prélèvement, sans relevé géologique précis. Nous pensons que des prélèvements trimestriels, ou mieux mensuels, s'imposent si l'on veut aboutir à une typologie aussi complète et fiable que possible. Enfin, dans le cas où un tel travail aurait été réalisé, nous avons montré qu'une typologie pouvait être valablement basée sur des moyennes annuelles des abondances relatives et des valeurs des paramètres physico-chimiques.

C'est par ce type d'étude que l'on pourra cerner au mieux l'auto-écologie, encore mal connue, de nombreux taxons rares ou communs, tenter de comprendre la dynamique des peuplements qu'ils forment et disposer ainsi d'un système de référence fiable pour l'étude des altérations dues aux pollutions.

REMERCIEMENTS

Ce travail a été réalisé sous la direction de M. R. Schumacker, professeur à l'Université de Liège (Station scientifique des Hautes-Fagnes, Mont-Rigi) puis chez M. J. L. De Sloover, professeur aux Facultés universitaires N. D. de la Paix à Namur (laboratoire de Botanique). Nous les remercions pour leur aide et leurs conseils.

BIBLIOGRAPHIE

- DEPIEREUX E. & FEYTMANS E., 1985 - Modification progressive de la structure des peuplements d'invertébrés benthiques en fonction de la qualité de l'eau de l'Ourthe et de la Lesse (Meuse belge). *Acta Oecologica Appl.* 6 (2) : 81-98.

- FABRI R. & LECLERCQ L., 1984 – *Étude écologique des rivières du nord du massif Ardennais (Belgique) : flore et végétation de diatomées et physico-chimie des eaux. 1. Contexte mésologique. Méthodes. Analyses physico-chimiques. Synthèse taxonomique, écologique et floristique. Iconographie. Bibliographie.* Robertville, Stat. scient. Hautes-Fagnes, 379 p., 33 pl. h. t.
- KNOTT G.D., 1979 – A mathematical modeling tool. *Computer Program in Biomedicine*, 10 : 271-280.
- LECLERCQ L., 1976 – *Étude des qualités biologiques et physico-chimiques des rivières et ruisseaux ardennais des bassins de la Vesdre, de la Roer, de l'Amblève et de l'Our (plateaux de la Baraque Michel, d'Elsenborn, de Losheim et de Saint-Vith).* Rapport I.R.S.I.A., 31 p.
- LECLERCQ L., 1984a – Composition chimique des eaux des rivières oligotrophes de haute Ardenne (Belgique) et ses variations saisonnières. *Physio-Géo* 9 : 139-152.
- LECLERCQ L., 1984b – *Étude écologique des rivières du nord du massif Ardennais (Belgique) : flore et végétation de diatomées et physico-chimie des eaux. 2. Typologie des milieux naturels.* Robertville, Stat. scient. Hautes-Fagnes, 5 + 329 p., 6 fig. & 4 tabl. h. t.
- LECLERCQ L. & DEPIEREUX E., 1987 – Typologie des rivières oligotrophes du massif Ardennais (Belgique) par l'analyse multivariée de relevés de diatomées benthiques. *Hydrobiol.*, sous presse.
- SYMOENS J.-J., 1957 – Les eaux douces de l'Ardenne et des régions voisines : les milieux et leur végétation algale. *Bull. Soc. Roy. Bot. Belg.* 89 : 111-314, 11 photos h. t.
- WISHART D., 1978 – *Cluster analysis package.* Edimburg Univ.